

Impressão em alumina por meio da tecnologia SLS

Jonathan de Oliveira Diniz (CTI) Jonathan.diniz@cti.gov.br

Resumo

A impressão de metais e cerâmicos utilizando a tecnologia SLS só é possível por meio de um método indireto, através do revestimento e processamento do polímero para estruturação do material, construindo uma peça “verde” que depois será finalizada em um forno. Nesse trabalho, os corpos de prova serão desenvolvidos por meio desse método, tendo como matéria-prima a alumina-poliamida.

Palavras-chave: SLS; Método Indireto; Parâmetros de Processo.

1. Introdução

A Manufatura Aditiva (AM, do inglês Additive Manufacturing) (ASTM F 2792 - 09) ou Impressão 3D como popularmente é conhecida, é um conjunto de tecnologias baseadas numa metodologia de fabricação por deposição de material em camadas a partir de um desenho ou modelo CAD (Computer Aided Design), que tem como recurso maior, o de gerar formas complexas em diversos tipos de materiais, proporcionando flexibilidade, redução de tempo e custo conseqüentemente. O processo se inicia com a obtenção de um desenho tridimensional, criado por um software CAD de modelagem. Em seguida o modelo é segmentado em fatias 2D e o equipamento, por meio da adição do material em forma de camadas planas e sucessivas cria o modelo físico, gerado pelo empilhamento e aderência entre camadas.

As diferentes tecnologias de impressão 3D se distinguem, por exemplo, pela matéria-prima empregada, que pode ser encontrada na forma líquida, sólida ou em pó. Estas distribuições juntamente com um agente de produção, processa a matéria-prima, criando assim modelos que abrangem desde aplicações na área de jóias que necessitam de maior precisão, até a saúde, com possibilidades de confecção de guias, implantes e próteses personalizadas.

O Núcleo de Tecnologias Tridimensionais (NT3D) que integra o organograma do Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer conta com diferentes tecnologias de impressão 3D, tais como, Modelagem por Fusão e Deposição (FDM, do inglês *Fused Deposition Modeling*), Fusão por Feixe de Elétrons (EBM, do inglês *Electron Beam Melting*), Polyjet (jateamento de resina fotossensível), Jateamento de cera, Jateamento de aglutinante e Sinterização Seletiva a Laser (SLS, do inglês *Selective Laser Sintering*). No qual foi escolhida a tecnologia SLS para desenvolver esse trabalho.

A tecnologia SLS permite trabalhar com diversos tipos de materiais na forma de pó, na qual esse material é aquecido próximo ao ponto de fusão e posteriormente tem suas partículas unidas através de um laser de dióxido de carbono (CO₂) no espectro do infravermelho, sendo direcionado por meio de espelhos galvanométricos. O aquecimento é obtido por aquecedores resistivos controlados e uma de suas funções é facilitar o processo de sinterização, sendo que a variação da temperatura e potência pode alterar os aspectos visuais e mecânicos da peça. (VOLPATO et al., 2017). Após finalizada a camada, a plataforma de construção se movimenta para baixo, de acordo com a espessura de camada pré-configurada e a alimentação é feita por meio de um rolo espalhador, conforme exemplificado na figura 1.

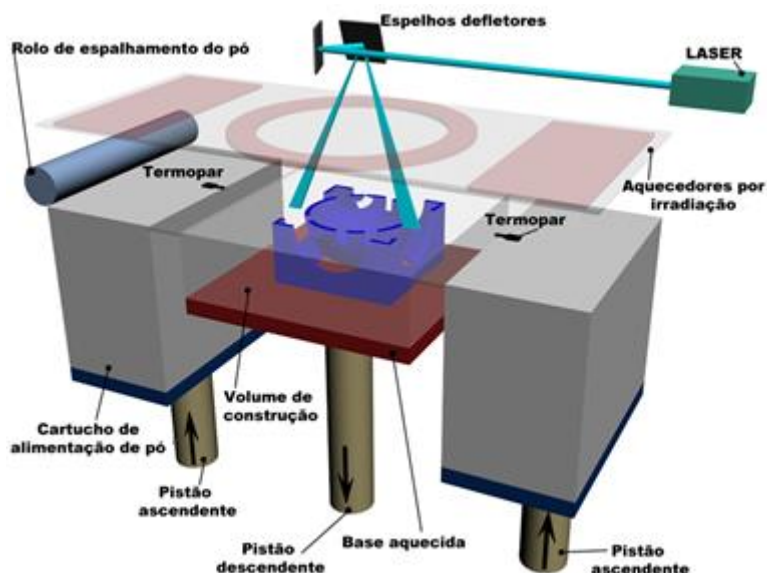


Figura 1 - Diagrama de funcionamento SLS

Fonte: CTI – NT3D

A impressora que utiliza essa tecnologia permite ao usuário uma liberdade na variação de diferentes parâmetros, sendo esse o critério na escolha dessa tecnologia, pois é necessário ter tal controle para tridimensionalizar materiais não homologados pelo fabricante. E para processar materiais com alto ponto de fusão, como é o caso do metal ou cerâmica, utiliza-se um método indireto para fabricação.

O trabalho proposto por Isaias Oliveira, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), envolve o desenvolvimento de um suporte monolítico a ser aplicado como catalizador para a decomposição do H₂O₂ (OLIVEIRA et al, 2019), tendo a alumina como sua matéria-prima. Dessa forma, para imprimir os modelos nesse material que possuem ponto de fusão elevado, baixa resistência ao choque térmico e reduzida plasticidade (OLIVEIRA, 2017), é necessário o revestimento das partículas com a poliamida, a estruturação da alumina através da combinação de parâmetros e o tratamento térmico no modelo.

2. Metodologia

A impressão de materiais cerâmicos utilizando a tecnologia SLS de forma direta já foi testada e pôde-se observar diversos problemas no modelo impresso, tais como, baixa precisão, trincas e rugosidade (SHAHZAD et al., 2012). E a solução para esses problemas é a aplicação de um método indireto, dividido em três etapas: desenvolvimento de um novo material revestido pela Poliamida, estruturação do material por meio da tecnologia SLS e eliminação da poliamida através do tratamento térmico.

2.1 Etapa 1 - Desenvolvimento de material

Para realizar o revestimento da alumina com poliamida, foi utilizado o método de Separação de Fases Termicamente Induzida (do inglês *Thermally Induced Phase Separation* – TIPS). Esse processo foi baseado na técnica de síntese de microsferas (OLIVEIRA, 2017), representado na figura 2. Este processo é responsável pela solubilização do polímero através do aquecimento, resfriamento e posteriormente a separação do solvente Dimetilsulfóxido da Alumina-Poliamida, lavagem em etanol, secagem e peneiramento para adquirir o material desejado.

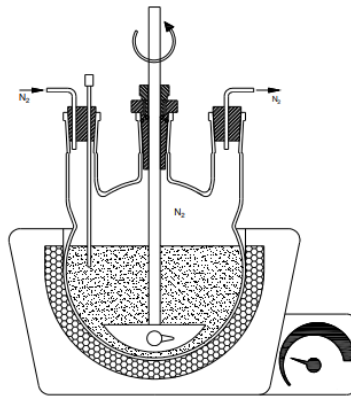


Figura 2 – Técnica de Microesferas

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2019

2.2 Etapa 2 - Utilização da tecnologia SLS

A impressora utilizada para realizar esse trabalho foi a DTM Corporation Sinterstation 2000 da 3D Systems, conforme mostra a figura 3. O posicionamento e parametrização dos monolíticos foram executados no software próprio da impressora, assim como representado na figura 4, sendo possível a variação de alguns parâmetros de processo, de modo a alcançar diferentes propriedades. Para a estruturação do material desenvolvido foram utilizados como referência os parâmetros aplicados no material Duraform Poliamida, que é o material comumente processado.



Figura 3 - Impressora Sinterstation 2000

Fonte: Autoria

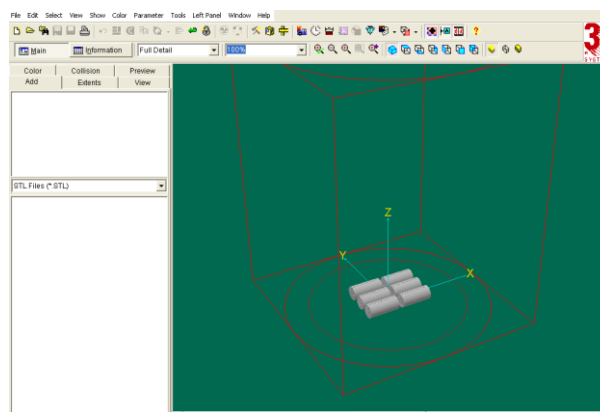


Figura 4 - Software de Planejamento SLS

Fonte: Autoria

A utilização dos parâmetros de referência precisou ser otimizada, de modo a alcançar a estruturação desejada. Na figura 5 está representada a fórmula da densidade de energia, que é responsável pela união das partículas de pó e das camadas subsequentes (ZHANG; LEBLANC, 2018).

$$\text{Densidade de Energia} = \frac{\text{Potência do Laser}}{\text{Velocidade} * \text{Espaçamento} * \text{Altura de Camada}}$$

Figura 5 - Fórmula de densidade de energia

Fonte: Aatoria

A densidade de energia é um parâmetro resultante que demonstra a energia emitida pelo laser, sendo ele dependente de outros parâmetros. Dentre eles, a potência do laser define a intensidade e a velocidade de varredura indica o tempo de incidência do laser sobre o pó. O espaçamento de varredura (*SFSS – Scan fill slice spacing*), quando é menor que o diâmetro do laser, há a sobreposição (figura 6), aumentando a densidade do modelo e na altura de camada, confere mais resistência ao modelo, quando mais fina (ZHANG; LEBLANC, 2018). Ou seja, para aumentar a densidade de energia, é necessário aumentar a potência ou diminuir os demais parâmetros.

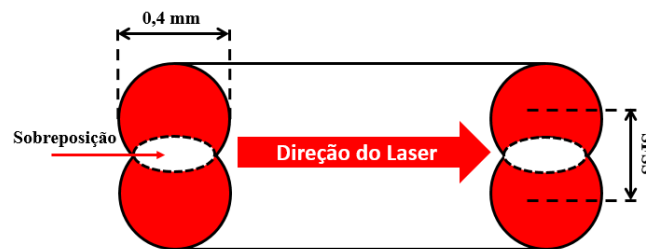


Figura 6 - Espaçamento de varredura

Fonte: Aatoria

Outro parâmetro essencial, e que sofreu alterações durante os testes, foi a temperatura do *Part bed*. Este parâmetro faz o controle de temperatura na região de impressão, facilitando o processo de sinterização e reduzindo os riscos de empenamento causados pelo choque térmico, uma vez que o material é aquecido a uma temperatura próxima ao ponto de fusão.

A tabela 1 apresenta uma relação dos principais parâmetros de processo e os seus respectivos valores aplicados no último ensaio.

Parâmetros de Processo	
Potência do laser	10 Watts
Espaçamento de varredura	0,18 mm
Temperatura <i>part bed</i>	155 °C
Temperatura <i>part feed</i>	85 °C
Espessura de camada	0,1 mm
Diâmetro do feixe	0,4 mm
Velocidade de varredura	2.000 mm/s

Tabela 1 - Relação de Parâmetros

Fonte: Aatoria

2.3 Etapa 3 - Tratamento térmico

Após a impressão dos monolíticos, a sinterização da cerâmica e, conseqüentemente, a vaporização de poliamida (OLIVEIRA, 2017) foram realizados. Para evitar as trincas no modelo e perdas de material durante esse processo, foi definida uma estratégia de aquecimento (figura 7), aumentando a temperatura aos poucos, até alcançar o ponto de volatilização da poliamida e, posteriormente, atingir a temperatura de sinterização da cerâmica.

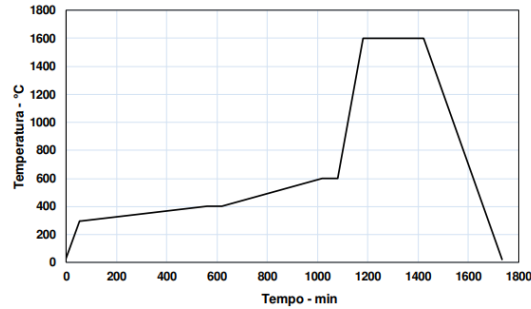


Figura 7 - Curva de tratamento térmico

Fonte: OLIVEIRA, 2017

3. Resultados e discussões

Na primeira etapa, o método TIPS apresentou bons resultados no revestimento da cerâmica, sendo que as micrografias obtidas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) validaram o processo, corroborando o trabalho realizado por Shahzad, 2013 (figura 8) .

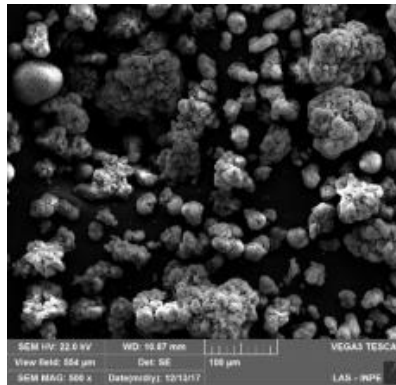


Figura 8 - Micrografia do material Alumina-Poliamida

Fonte: Adaptado de OLIVEIRA, 2017

Após a validação do material Alumina-Poliamida, o desafio de imprimir por meio da tecnologia SLS foi superado a partir das análises realizadas durante o processo e no pós-processo; Para isso foi necessário avaliar visualmente o contorno do desenho gerado pelo laser, a estruturação do material, a fragilidade do modelo e a precisão na formação dos poros. Após definido os parâmetros ideais e tendo os monolíticos impressos, a última etapa foi executada e os resultados podem ser observados na figura 9. Nesta foigura obseva-se o modelo “a” antes do tratamento térmico (alumina-poliamida) e o modelo “b” depois do tratamento térmico (apenas alumina).

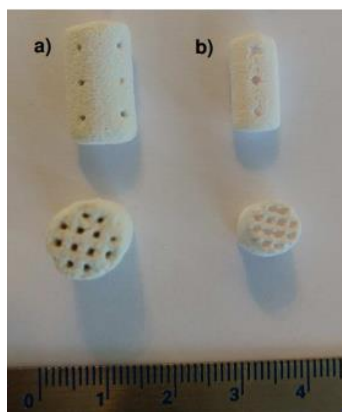


Figura 9 - a) antes do tratamento térmico; b) depois do tratamento térmico

Fonte: OLIVEIRA, 2017

4. Conclusão

O material desenvolvido que posteriormente foi impresso trouxe resultados positivos, comprovando a utilização da tecnologia SLS no método indireto. O controle dos parâmetros de processo foi fundamental, pois o polímero processado individualmente se comporta de forma diferente quando é utilizado como revestimento. Dessa forma, a configuração padrão do material serviu apenas como referência, necessitando de modificações nos parâmetros para alcançar a estruturação ideal.

5. Referências

ASTM F 2792 – 09. *Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies.*

VOLPATO, N. et al. *Manufatura aditiva: Tecnologias e aplicações da impressão 3D*, Blucher, São Paulo, 2017.

OLIVEIRA, I. et al. *Produção de partículas de alumina revestida com poliamida para emprego na manufatura aditiva.* 15º Congresso Brasileiro de Polímeros, 2019.

OLIVEIRA, I. *Desenvolvimento de suporte catalítico monolítico para fins aeroespaciais empregando a manufatura aditiva.* Tese (Doutorado em Ciências) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, 2018.

ZHANG, H.; LEBLANC, S. *Processing Parameters for Selective Laser Sintering or Melting of Oxide Ceramics,* 2018.

SHAHZAD, K. et al. *Additive manufacturing of alumina parts by indirect selective laser sintering and post processing.* *Journal of Materials Processing Technology*, v. 213, n. 9, p. 1484 - 1494, 2013.

SHAHZAD, K. *Powder-based indirect selective laser sintering of ceramics.* 2013, 140 p. PhD Thesis Université Katholique Leuven, Leuven, 2013a.